

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ БОРЬБЫ
С КРОВОСОСУЩИМИ ДВУКРЫЛЫМИ — ПЕРЕНОСЧИКАМИ
БОЛЕЗНЕЙ ЧЕЛОВЕКА**

А. Н. Алексеев

Институт медицинской паразитологии и тропической медицины
им. Е. И. Марциновского Министерства здравоохранения СССР, Москва

Дан обзор методов генетической борьбы с кровососущими двукрылыми — комарами. Рассмотрена перспективность использования различных способов борьбы, прежде всего — испытанных в полевых условиях, применительно к кровососам, имеющим медицинское значение на территории СССР.

Отрицательные последствия применения химических средств борьбы с вредными для человека членистоногими в настоящее время общеизвестны. Тем не менее они остаются и в течение достаточно длительного времени останутся единственным средством подавления (но не уничтожения) вредных насекомых и клещей. Следовательно, остается неизбежным большее или меньшее загрязнение внешней среды и увеличение числа случаев возникновения резистентности у членистоногих ко все более широкому кругу инсектицидов.

Прогресс в области использования таких биологических средств борьбы как инсектициды биогенного происхождения (токсины, антибиотики, а также синтетические аналоги ювенильных гормонов — ингибиторы развития) и внедрение в биоценозы хищников, паразитов и других патогенных для членистоногих организмов вызывают законное опасение биологов и экологов, ибо в ряде случаев наблюдается нежелательное воздействие на нецелевые организмы, а также нарушение существующего равновесия в подвергающихся воздействию биоценозах. Отсутствуют гарантии, что вновь установившееся равновесие не сохранит на нежелательном для человека уровне численность переносчика, а также, что у переносчика не возникнет резистентности по отношению к новым инсектицидам, несмотря на их «биогенное» происхождение.

В этой связи кажутся очевидными преимущества так называемой генетической борьбы, обязательным условием которой является половой контакт партнеров, один из которых (чаще — самец) является носителем полной или частичной стерильности, в результате чего либо полностью прекращается выплод, либо обеспечивается появление потомков с измененной наследственностью и резко ограниченной плодовитостью.

Метод имеет три неоспоримых преимущества: 1) воздействие на организмы только одного, определенного вредного (для человека) вида; 2) возникновение резистентности принципиально невозможно; 3) отсутствие необходимости широкого применения каких бы то ни было пестицидов.

Различные варианты применения метода хорошо моделируются в эксперименте и легко поддаются машинному моделированию, хотя следует признать, что соответствие существующих моделей полевым экспериментам пока невысоко. К сожалению, от опыта до успеха в полевых испыта-

ниях — «дистанция огромного размера». Вместе с тем универсальность метода и его перспективность гарантируются единством генетического кода, присущего всем живым организмам.

Теоретические предпосылки метода — доказательства в пользу универсальности, расчеты эффективности подавления популяций вредных видов с помощью использования самцов с измененной наследственной природой разработал академик А. С. Серебровский (1940, 1971). Теоретические расчеты А. С. Серебровского, предсказавшего возможность получения гомо- и гетерозиготных по транслокациям рас насекомых, свойство гетерозиготных по транслокациям особей (гибридов дикой и транслоцированной рас) образовывать анеуплоидные гаметы и давать анеуплоидных нежизнеспособных потомков полностью подтвердились. Подтверждена также принципиальная возможность использования метода стерильных самцов для борьбы с переносчиками малярии (Lofgren, 1974). У одного из видов кровососущих двукрылых переносчиков филяриозов — комаров *Culex pipiens* — обнаружен феномен цитоплазматической несовместимости представителей свободно скрещивающихся, но географически изолированных рас (Laven, 1953, 1957).¹

Продолжается изучение возможности использования феномена стерильности гибридов у разных рас комплекса *Anopheles gambiae* (по Davidson, 1974) и у близких видов *Aedes* — переносчиков филяриатоза.

Разрабатывается принципиальная возможность использования феномена мейотического драйва для внедрения в природные популяции особей, вызывающих искажение соотношения полов в потомстве (в пользу самцов) и т. п. Работы в этом направлении ведутся с переносчиками филяриатозов, желтой лихорадки и малярии (комары *Aedes*, *Culex pipiens*, *Anopheles*) и сонной болезни (род *Glossina*) в США, Франции, Англии, Центральной Америке, Африке (Кения, Верхняя Вольта, Чад, Танзания), Бирме, Пакистане и Индии. Особенно большие работы развернуты по программе ВОЗ в Нью-Дели в Индии.

Каждое из выбранных направлений проходит три этапа: лабораторный, лабораторно-полевой и полевой. На современном этапе работы по всем этим направлениям после первых более или менее удачных полевых экспериментов вернулись к лабораторному и лабораторно-полевому уровням исследований с одновременным усилением исследований экологии видов, против которых направлены разрабатываемые методы подавления.

В небольшой статье нет возможности дать обзор всей массы работ по генетическим методам борьбы с вредными насекомыми, так как имеется обзорная монография Дэвидсона (Davidson, 1974), поэтому мы постараемся охарактеризовать современный уровень исследований по генетической борьбе с кровососущими комарами и выявить — насколько это возможно — наиболее перспективные направления. Во всяком случае, те из них, которые представляются наиболее перспективными при современном уровне знаний и в условиях нашей страны.

Межвидовое скрещивание. Преследует две цели — подавление численности вредного вида, который является переносчиком, и замену его в экологической нише видом непереносчиком. Способные скрещиваться с активным переносчиком филяриатоза *Aedes polynesiensis* — комары *Aedes albopictus* (не являющиеся переносчиками) дают бесплодное потомство. В лабораторных условиях выпуск самцов *A. albopictus* через 3 поколения подавлял *A. polynesiensis* полностью (Gubler, 1970), причем самцы *A. albopictus* обладают повышенной активностью по сравнению с самцами *A. polynesiensis* в больших садках (Ali Sami a. Rozeboom, 1971). Более того, в лабораторных условиях личинки *A. albopictus* вытесняют личинок комаров-переносчиков, задерживая рост личинок *A. polynesiensis* (Gubler, 1970; Lowrie, 1973). Однако метод этот при полевых испытаниях дал отрицательные результаты из-за особенностей полового поведения

¹ Цитоплазматическая несовместимость обнаружена также у разных рас *Aedes scutellaris* (цит. по: Pal, 1974).

и биологии самок целевого вида: их спаривание с самцами своего вида происходит в течение первых 24 часов до увеличения летной активности, тогда как *A. albopictus* крайне редко спариваются в возрасте меньшем 48 часов (Ali Sami a. Rozeboom, 1973).

Таким образом, метод, видимо, малоперспективен, так как полное совпадение деталей полового поведения, необходимое для его успеха, весьма маловероятно у географически изолированных видов, даже принадлежащих к одному подроду.

Использование гибридов в комплексах видов-близнецов и цитоплазматической несовместимости аллопатрических рас одного вида. Во время изучения природы резистентности к ДДТ одного из основных переносчиков малярии в Африке — *Anopheles gambiae* (Davidson, 1956) было установлено, что это комплекс из 5 видов двойников — солоноватоводных *An. melas* и *An. merus* и трех пресноводных А, В и С, и что скрещивание самцов А и самцов В с самками *An. merus* и *An. melas* в потомстве дают почти исключительно самцов. Более того, такие самцы при скрещивании с самками сибсов А дают стерильное потомство, причем в лаборатории гибридные самцы вполне конкурентоспособны по сравнению с самцами А (Davidson, 1964, 1969a, b). Гибридные самцы от скрещивания самцов В и самок *An. melas* и были использованы для подавления местной популяции *An. gambiae* А в зоне распространения этого сибса в Западной Африке в деревне Бобо-Диулассо в Верхней Вольте в 1968 г. (Davidson, 1971, Davidson a. oth., 1971). Однако, несмотря на длившееся в течение двух месяцев насыщение местной популяции гибридными самцами (до 75% всех отлавливаемых самцов), процент откладываемых самками стерильных яиц достоверно не отличался от такового в контрольной деревне.

Следовательно, гибридные самцы высококонкурентоспособны в садах, оказались полностью неконкурентоспособными в природе.

Наиболее вероятным объяснением неудачи является приуроченность *An. gambiae* А к районам с влажным климатом (где и ставился опыт), а В — к более сухим районам Африки. Так, в смешанной популяции А и В при повышенной влажности, несмотря на равную возможность к скрещиванию, вскоре возобладал вид А (Coz, 1973).

Можно предположить, что в опыте Дэйвидсона гибриды унаследовали от отцов В поведение, характерное для сухолюбивых особей этой группы, что и дало преимущества меньшей по численности мужской части популяции А. Метод можно считать перспективным при учете всех особенностей полового поведения конструируемых для предполагаемого использования гибридов.

Направление это представляет несомненный интерес для отечественных исследователей, так как даже среди казалось бы хорошо изученного комплекса *An. maculipennis* путем кариологического исследования поли-тенных хромосом обнаружены виды-двойники (Стегний и др., 1973, 1974a, б).

Феномен цитоплазматической несовместимости, заключающийся в деструкции хромосомного материала мужской половой клетки после слияния с женской и выражающийся в откладывании нежизнеспособных яиц самками, оплодотворенными самцами того же вида, но принадлежащими к другой географической расе, известен давно (Marshall, 1938; Laven, 1953, 1957). Свойство это наследуется по материнской линии и не наследуется по Менделю. По современным представлениям феномен обеспечивается паразитирующими в цитоплазме яйцеклеток симбиотическими риккетсиями рода *Wolbachia* (Yen a. Barr, 1973). Неменделевский характер наследования фактора несовместимости позволяет конструировать из двух совместимых штаммов такие гибриды, у которых все фенотипические признаки контролируются только одним из родителей. Это достигается путем ряда последовательных скрещиваний последовательных поколений гибридов с самцами только одного из родительских штаммов, что и приводит к полной замене генома и получению нужных свойств.

При подготовке к полевому эксперименту, проведенному в деревне Окпо в Бирме в 1967 г. (Laven, 1967, 1971), так и было сделано. Самки *Culex pipiens* штамма «Париж», несовместимые со всеми исследованными представителями бирманских популяций, были скрещены с совместимыми с самками «Париж» самцами из Калифорнии, которые путем последовательных обратных скрещиваний в 8 поколениях передали потомству свойство активно размножаться в тропических условиях. Вполне конкурентоспособных самцов из этой культуры в течение 12 недель выпускали в разных точках деревни (в среднем по 5000 особей в день). К концу опыта 100% кладок оказалось нежизнеспособными. Таким образом, была доказана принципиальная возможность уничтожения природной популяции *C. pipiens* путем выпуска цитоплазматически несовместимых самцов. Перспективность применения этого метода в борьбе с основным переносчиком филляриатозов в Юго-Восточной Азии *Culex pipiens fatigans* очевидна.

Разумеется, применению метода должна предшествовать очень большая работа по оценке совместимости подлежащих подавлению рас комаров, и такие исследования интенсивно ведутся во многих частях мира (Laven, 1969; Barr, 1970; Espinola, a. Consoli, 1972). Целесообразно развернуть такие исследования и в нашей стране, используя в качестве эталона штамм «Париж», считающийся несовместимым со всеми до сих пор известными расами вида *Culex pipiens*.

Возможность вытеснения местной популяции цитоплазматически несовместимой, но более плодovитой и жизнеспособной гибридной расой имеет еще одну и весьма заманчивую перспективу: вытеснение активного переносчика расой невосприимчивой к возбудителю. Поиски невосприимчивых к *Wuchereria bancrofti* рас и попытки их селекции ведутся весьма активно, но пока безуспешно.

Рассмотрение перспективности использования цитоплазматической несовместимости было бы неполным, если бы мы упустили из виду наличие неполной совместимости и возможности отбора на совместимость (Barr, 1969; Subbara a. oth., 1974). Учитывая это, а также возможность вытеснения природной популяции малоплодовитым (при скрещивании внутри собственной расы) и нечувствительным к возбудителю штаммом, автор метода предлагает использовать комплексные генетические системы, именно — двустороннюю (и по самцам, и по самкам) несовместимость с индуцированными облучением транслокациями, сопровождающимися полустерильностью гетерозиготных самцов с репродуктивным потенциалом порядка 15% (Laven a. Aslamkhan, 1970). Работы в этом направлении уже начаты в Нью-Дели с комарами *Culex pipiens* дельйского штамма, сделана попытка сконструировать расу комаров цитоплазматически несовместимую с природным штаммом и обладающую фертильностью в 20—30% (Krishnamurthy, 1974).

Успех пока не ясен, но перспективность самого направления несомненна.

Использование полученных облучением транслокаций для целей генетической борьбы с комарами. Лабораторный и лабораторно-полевой этапы исследований переносчика желтой лихорадки и денге — *Aedes aegypti* — продвинулись весьма значительно: путем облучения получены линии с двойными транслокациями в женской и мужской половой хромосомах и аутосоме (Rai a. Donald, 1971), выведены жизнеспособные гомозиготные по транслокациям линии (в I и III хромосомах, сцепленные с полом и в II и III хромосомах — Lorimer a. oth., 1972), получены путем скрещивания этих двух линий комары гетерозиготные по двум транслокациям (Uppal a. oth., 1974). Использовано присущее некоторым расам *Aedes aegypti* качество — искажение в соотношении полов в потомстве в пользу самцов (Hickey a. Craig, 1966). Закрепившийся в результате мейотического дрейфа генов сцепленный с мужской хромосомой ген-дистортер способен в процессе оплодотворения самцами-носителями гена самок с женской хромосомой нерезистентной по отношению к гену-дистортеру искажать соотношение

самцов и самок в потомстве: 5 : 1 вместо обычного 1 : 1. Скрещивание уже упоминавшихся двойных гетерозигот с носителями гена-дистортера позволяет получать самцов *Aedes aegypti*, контакт которых с нормальными самками ведет к получению 61% стерильности откладываемых яиц, причем среди доразвившихся до имаго особей F_1 соотношение самцов и самок 6 : 1 (Suguna a. Curtis, 1974).

Однако полевых опытов с транслоцированными *A. aegypti* явно недостаточно. Имеются данные о достоверном сохранении транслокаций в небольшой природной популяции, куда интродуцировали самцов с транслокациями, на протяжении трех поколений (Rai a. oth., 1973).

Гораздо более полные данные полевых наблюдений имеются по *Culex pipiens*. Путем облучения молодых (не старше 24 час.) самцов этого вида дозой в 3.5 тыс. рентген и последующего отбора сопровождавшимся генетическим анализом были получены линии комаров со сцепленными с полом транслокациями (обмен сегментами между мужской М хромосомой и аутосомой). Отбор самцов этой линии гарантировал наличие транслокаций у всех особей. Выведенные в лаборатории самцы T^m обладали повышенной конкурентоспособностью, потомство их от нормальных самок всегда гетерозиготно по транслокациям, все мужское потомство линии всегда, во всех поколениях полустерильно и является носителем транслокаций. Для полевого опыта была подобрана линия с 50% полустерильностью (Laven a. oth., 1971, a, b).

Выпуск транслоцированных самцов был осуществлен в 1970 г. в небольшой деревне Нотр-Дам вблизи Монпелье на юге Франции. При сравнении числа комаров по предварительной оценке и после выпуска численность популяции *C. pipiens* снизилась до 10% первоначальной (Laven a. oth., 1971c, d), причем к концу выпуска число T^m самцов к числу нормальных составило 5 : 1, а число стерильных кладок 95%. Это дало основание Лавену предположить, что при достижении числа самцов с транслокациями, равного 66.6% от общего числа самцов, популяция обречена на аутоцид. В течение 1971 г. численность популяции держалась на низком уровне, что авторы (Laven a. oth., 1972) объясняли давлением со стороны естественных врагов. Транслокации сохранялись в популяции — в диапаузирующих самках — в течение трех (последующих после выпуска самцов) лет (Cousserans et Guille, 1972, 1974).

Однако тщательный анализ результатов 4-летних наблюдений заставил пересмотреть общую оценку эксперимента (Cousserans a. Guille, 1974). Численность популяции в 1971—1973 гг. сохранялась на постоянно низком уровне, в то время как процент особей с транслокациями упал за 4 года с 90 до 1%.

Объяснить эффект введения в популяцию особей T^m авторы могут только тем, что метод учета исходной численности популяции изменил саму ее численность. Устройство ловушек, обеспечившее учет кладок, оказало такое влияние на гетерогенную по признаку автогенности популяцию, что вызвало резкое возрастание автогенной ее части и резкое (почти в 10 раз) возрастание численности популяции. Последующее падение численности авторы объясняют не выпуском транслоцированных самцов, а изменением метода учета и восстановлением равновесия между неавтогенной и автогенной частями популяции. Было также подвергнуто критике как несостоятельное предположение Лавена о том, что 66% транслоцированных самцов достаточно для аутоцида относительно изолированной популяции без дополнительного выпуска самцов (Seawright a. oth., 1975).

Таким образом, первоначально радужные надежды на успех этого метода в поле несколько поблекли. Ценность опыта, однако, в том, что он еще раз обращает наше внимание на необходимость тщательной и не искажающей действительную картину оценки истинной численности популяции. Необходимо также дальнейшее усовершенствование самого метода транслокаций, следует стремиться к получению рас, продуцирующих только самцов в потомстве с одновременным увеличением процента стерильности кладок у самок, копулировавших с транслоцированными сам-

цами. Кроме того, перспективность направления подкрепляется тем, что это единственный известный в настоящее время способ воздействия на наследственную природу комаров рода *Anopheles* (Rabbani a. Kitzmiller, 1972) и, в частности, основного переносчика малярии в Африке — *An. gambiae* (Akiyama, 1974). Так, уже получены транслокации, при наличии которых компетентные гетерозиготные самцы обнаруживают фертильность меньшую 25%.

Несмотря на трудности в создании рас с транслокациями и во внедрении их в природу, наличие высокорезистентных популяций *Anopheles* на территории СССР (Дробозина и др., 1972), агрессивность которых по отношению к человеку под влиянием контакта с ядом возрастает, делает необходимым развитие исследований в этом направлении.

Химическая и лучевая стерилизация самцов как метод борьбы с кровососущими комарами. До недавнего времени к лучевой и химической стерилизации комаров, несмотря на обилие работ по этому вопросу, относились скептически. Основными препятствиями к использованию этого способа борьбы служили казавшаяся неизбежной недостаточная компетентность самцов и невозможность введения хемотрилиантов во внешнюю среду.

Первое препятствие было преодолено нахождением таких доз облучения и обработкой такими препаратами, которые не отражаются на конкурентоспособности самцов; второе — путем выпуска в природу самцов, обработка которых на стадии куколки производилась в контролируемых условиях лаборатории. Разумеется, последнее потребовало освоения методики массового разведения целевых видов и способов отделения самцов (чаще всего будущих, на фазе куколки) от самок.

В настоящее время можно считать успешно решенным вопрос о массовом культивировании (с расчетом стоимости выхода 10 млн комаров в день) *A. aegypti* и *C. pipiens fatigans*, в том числе и со сниженной фертильностью (Singh a. oth., 1974), и для целей хемотрилизации — комаров *Anopheles albimanus* (Dame a. oth., 1974). Можно считать решенным вопрос об отделении куколок-самцов не только полученных в лаборатории, но и добытых в поле (Sharma a. oth., 1974).

Массовый выпуск полученных в лаборатории и стерилизованных тиотэфом самцов *C. pipiens* (от 8.5 до 18 тыс. ежедневно) позволил за 10 недель подавить популяцию комаров этого вида на небольшом — около 3 км² — острове вблизи побережья Флориды (Patterson a. oth., 1970). Восстановление островной популяции произошло на следующий год за счет завоза самок комаров на судах. Второй удачный опыт, в котором было выпущено за 5 месяцев 4.3 млн стерилизованных тиотэфом самцов *An. albimanus*, был проведен в Эль-Сальвадоре в относительно изолированной долине, где основным местом выплода было озеро и периодически пересыхающее болото. Уровень численности целевого вида снизился на 99% и восстановился до исходного только спустя 4 месяца. Численность другого вида *Anopheles pseudopunctipennis* не отличалась от обычной (Breeland a. oth., 1974; Lofgren a. oth., 1974).

Обнадеживающими можно считать опыты по лучевой стерилизации комаров, выловленных из природы на фазе куколки, дозами, вызывающими полную стерильность самок (большими 5 тыс. рентген) и 99% стерильность самцов *C. pipiens* — 6 тыс. рентген (Patterson a. oth., 1975). Выживаемость таких самцов невысока, но наводнение ими природной популяции (5 : 1) дало спустя 4 недели число стерильных кладок, равное 60—63%.

Преимущества этого способа очевидны: нет необходимости в массовом культивировании и нет опасности загрязнения среды какими бы то ни было количествами химических остатков, даже содержащимися в самих стерилизованных особях, и отсутствие опасности в замене прежней популяции интродуцированной. Однако трудоемкость этого способа пока не оценена, а применимость по отношению к другим, нежели *C. pipiens*, видам требует изучения. Во всяком случае, доказательства эффективности метода вы-

пуска стерильных самцов в борьбе с комарами-переносчиками болезней можно считать убедительными, а исследования в этом направлении перспективными.

Следует отметить, что сами методы стерилизации вследствие их наибольшей отработанности и относительной простоты получения материала и его выпуска кажутся применимыми в наиболее близком будущем. Другие способы генетической борьбы, такие, например, как использование мейотического дрейфа для получения мутантов чувствительных к низкой температуре или носителей гена бездиапаузности и т. п. (Wehrhahn a. Hassen, 1971) теоретически весьма заманчивы, но пока, видимо, весьма далеки от практического использования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ накопленного в мировой практике опыта борьбы с кровососущими двукрылыми позволяет нам остановиться только на некоторых методах генетической борьбы наиболее пригодных и перспективных для условий нашей страны.²

Для подавления высокорезистентных к ДДТ активных переносчиков малярии — комаров *Anopheles m. sacharovi* наиболее перспективным представляется использование лучевой стерилизации взятых из природы особей и, после освоения массового культивирования вида — метод транслокации; не исключено также применение хемостерилиантов. До обнаружения видов-двойников и изучения наличия (или отсутствия) цитоплазматической несовместимости эти последние методы борьбы с *Anopheles* представляются весьма проблематичными.

Против широко распространенных (в связи с урбанизацией) синантропных популяций *Culex pipiens*, некоторые формы которого хорошо культивируются в лаборатории, перспективно испытание всего арсенала средств генетической борьбы: стерильных, транслоцированных и цитоплазматически несовместимых самцов. Помимо чисто утилитарных целей подавления злостного кровососа, исследования, проводимые с этим видом, могут и должны явиться хорошей экспериментальной моделью.

Использование генетических методов борьбы с другими компонентами гнуса и, в частности, с широко распространенными массовыми видами *Aedes* на данном этапе наших знаний представляется малоперспективным.

Подводя некоторый итог рассмотрению методов генетической борьбы и располагая их в порядке той очередности, в которой они, по-видимому, могут быть использованы, мы можем перечислить их следующим образом.

1. Лучевая стерилизация взятых из природы комаров. Облучение на фазе куколки дозами не снижающими конкурентоспособность самцов и полностью стерилизующими самок.

2. Химическая стерилизация хорошо поддающихся культивированию видов с последующим их выпуском в природу.

3. Использование транслоцированных самцов комаров-переносчиков болезней (для условий СССР — резистентных к инсектицидам переносчиков малярии).

4. Использование феномена цитоплазматической несовместимости в борьбе с *Culex pipiens* на основе имеющегося «банка» штаммов. Исследования наличия этого феномена у других кровососущих двукрылых на территории нашей страны, прежде всего — среди переносчиков болезней.

К области отдаленных перспектив можно отнести поиски рас с искаженным соотношением полов и пониженной фертильностью. Особенный интерес может представлять ген бездиапаузности, использование которого в нашей стране могло бы оказаться весьма перспективным, так как на большей части территории Советского Союза распространены моноциклические

² Именно поэтому обширная литература, посвященная генетическим методам борьбы с мухой це-це не рассматривалась.

виды. Внедрение такого гена в популяции могло бы в значительной степени подорвать их численность. Межвидовая гибридизация представляется малоперспективной в борьбе с кровососущими двукрылыми.

Литература

- Дробозина В. П., Ануфриева В. Н., Сергеев В. П., Кондрашин А. В. 1972. Обнаружение резистентности к ДДТ у *Anopheles maculipennis sacharovi* Favre в Азербайджанской ССР. М. п. и п. б. 4 : 460—464.
- Серебровский А. С. 1940. О новом возможном методе борьбы с вредными насекомыми. Зоол. журн., 19 (4) : 618—630.
- Серебровский А. С. 1971. Теоретические основания транслокационного метода борьбы с вредными насекомыми. Изд. «Наука». М.
- Стегний В. Н., Пестрякова Т. С. и Кабанова В. М. 1973. Цитогенетическая идентификация видов-двойников малярийного комара *Anopheles maculipennis* и *An. messeae* (Diptera, Culicidae) Зоол. ж., 52 (11) : 1671—1676.
- Стегний В. Н. и Кабанова В. М. 1974а. Хромосомные различия видов-двойников малярийного комара *Anopheles messeae* Fall и *A. maculipennis* Marth. Hack. а. Miss и их распространение в Томской области. В сб.: Вопр. энтомолог. Сибири. Изд. «Наука», Новосибирск : 155—156.
- Стегний В. Н., Кабанова В. М. и Карташова Н. Н. 1974б. Кариологическое исследование природных популяций малярийного комара в Среднем Приобье. III. Политенные хромосомы *Anopheles maculipennis maculipennis*. Цитология, 16 (3) : 389—392.
- Akiyoma I. 1974. В сб.: Information circular on insecticide resistance insect behaviour and vector genetic. VBC/IKG, 74 : 25.
- Ali Sami R. and Rozeboom L. E. 1971. Cross-mating between *Aedes* (S.) *polynesiensis* Marks and *Aedes* (S.) *albopictus* Skuse in a large cage. Mosq. News 31. (1) : 80—84.
- Ali Sami R. and Rozeboom L. E. 1973. Comparative laboratory observations on selective mating of *Aedes* (Stegomyia) *albopictus* Skuse and *A.* (S.) *polynesiensis* Marks. Mosquito News, 33 (1) : 23—28.
- Barr A. R. 1970. Partial compatibility and its effect on eradication by the incompatible male method. «Proc. and Rep. 37-th Annu. Conf. Calif. Mosquito Contr. Assoc., Los Angeles, Calif., 1969», : 19—24.
- Breeland S. G., Jeffery C. M., Lofgren C. S., and Weidhaas D. E. 1974. Release of chemosterilized males for the control of *Anopheles albimanus* in El Salvador. I. Characteristics of the test site and the natural population. Amer. J. Trop. Med. and Hyg., 23 (2) : 274—281.
- Cousserans J. et Guille G. 1972. Experience de lutte génétique contre *Culex pipiens* dans la region de Montpellier. 2-e année d'observations. Bull. biol. France et Belgique, 106 (3) : 337—343.
- Cousserans J. et Guille G. 1974. Expérience de lutte génétique contre *Culex pipiens* dans la region de Montpellier. Synthèse de quatre années d'observations. Bull. biol. France et Belgique, 108 (3) : 253—257.
- Coz G. 1973. Les mécanismes d'isolement génétique dans le complexe *Anopheles gambiae* Giles. Cah. ORSTOM. Entomol. méd. et parasitol., 1 : 41—56.
- Dame D. A., Lofgren C. S., Ford H. R., Boston M. D., Baldwin K. F., Jeffery G. M. 1974. Release of chemosterilized males for the control of *Anopheles albimanus* in El Salvador. II. Methods of rearing, sterilization and distribution. Amer. J. Trop. Med. and Hyg., 23 (2) : 282—287.
- Davidson G. 1956. Insecticide resistance in *Anopheles gambiae* Giles: a case of simple Mendelian inheritance. Nature (Lond), 178 : 863—864.
- Davidson G. 1964. The five mating types in the *Anopheles gambiae* complex. Rev. Malariol., 43 : 167—183.
- Davidson G. 1969a. The potential use of sterile hybrid males for the eradication of member species of the *Anopheles gambiae* complex. Bull. Wld. Hlth. Org., 40 : 221—228.
- Davidson G. 1969b. Возможность применения стерильных гибридных самцов для искоренения отдельных видов комплекса *Anopheles gambiae*. Бюлл. Всемирн. Организ. здравоохран., 40 (2) : 224—231.
- Davidson G. 1971. Une méthode de lutte génétique contre *Anopheles gambiae* Giles, 1902. Ann. Parasitolog., 46, 3 bis : 149—163.
- Davidson G. 1974. Genetic control of insect pests. L.—N. Y. Ac. Press : 1—158.
- Davidson G., Odetoynbo J. A., Colussa B., Coz J. 1971. Оценка в полевых условиях конкурентной способности к спариванию у стерильных самцов, выведенных путем скрещивания 2 видов комаров, входящих в комплекс *Anopheles gambiae*. Бюлл. Всемирн. организ. здравоохран., 42 (1) : 54—67.
- Espinola N. N., Consoli A. B. 1972. Cruzamentos entre colônias de *Culex pipiens fatigans* Wiedmann, procedentes de ferentes partes do Brasil. Rev. brasil. malariol. e doencas trop., 24, (1—4) : 165—170.

- Gubler Duane J. 1970. Induced sterility in *Aedes* (*Stegomyia*) *polynesiensis* Marks by cross-insemination with *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* Skuse. *J. Med. Entomol.*, 7 (1): 65—70.
- Gubler Duane J. 1970. Competitive displacement of *Aedes* (*Stegomyia*) *polynesiensis* Marks by *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* Skuse in laboratory populations. *J. Med. Entomol.*, 7 (2): 229—235.
- Hickey W. A., Craig G. B. 1966. Distortion of sex ratio in populations of *Aedes aegypti*. *Canad. j. genetic citol.* 8 (2): 260—278.
- Krishnamurthy B. S. 1974. Construction of «integrated» strains of *Culex pipiens fatigans* Wild for genetic control. *J. Comm. Dis.*, 6 (2): 76—79.
- Laven H. 1953. Reziprok unterschiedliche Kreuzbarkeit von Stechmücken (*Culicidae*) und ihre Deutung als plasmatische Vererbung. *Z. Vererbungsl.*, 85: 118—136.
- Laven H. 1967. Vererbung durch Kerngene und das Problem der außerkaryotischen Vererbung bei *Culex pipiens*. II. Außerkaryotische Vererbung. *Z. Vererbungsl.*, 88: 478—516.
- Laven H. 1969. Incompatibility tests in the *Culex pipiens* complex. *Mosq. News*, 29 (1): 70—83.
- Laven H. 1971. Une expérience de lutte génétique contre *Culex pipiens fatigans* Wied, 1928. *Ann. Parasitolog.*, 46, 3 bis: 117—148.
- Laven H. and Aslamkhan M. 1970. Control of *Culex pipiens pipiens* and *C. p. fatigans* with integrated genetical systems. *Pakistan J. Sci.*, 22 (5—6): 303—312.
- Laven H., Gost E., Meyer H. and Selinger R. 1971a. Semisterility for insect control. *Steril, Princip. Insect. Contr. Eradicat.* Vienna: 415—423.
- Laven H., Meyer E., Bieniok R., Guille G. and Ohmann J. 1971b. Inherited semisterility for control of harmful insects. II. Degree of sterility and types of translocations in the mosquito *Culex pipiens* L. *Experientia* 27 (7): 968—969.
- Laven H., Cousserans J., Guille G. 1971c. Inherited semisterility for control of harmful insects. III. A first field experiment. *Experientia*, 27 (11): 1355—1357.
- Laven H., Cousserans J. and Guille G. 1971d. Experience de lutte génétique contre *Culex pipiens* dans la région de Montpellier. *Bull. Biologique France et Belgique*, 105: 357—367.
- Laven H., Cousserans J. and Guille G. 1972. Eradicating mosquitoes using translocations: a first field experiment. *Nature*, 236 (5348): 456—457.
- Lofgren C. S. 1974. Recent developments in methods of mosquito control. *Bull. Wld. Hlth. Org.*, 50: 323—328.
- Lofgren C. S., Dame D. A., Breeland S. C., Weidhaas D. E., Jeffery G., Kaiser R., Ford H. R., Boston M. D., Baldwin K. F. 1974. Release of chemosterilized males for the control of *Anopheles albimanus* in El Salvador. III. Field methods and population control. «*Amer. J. Trop. Med. and Hyg.*», 23, 2, 288—297.
- Lorimer N. E., Hallinan E. and Rai K. S. 1972. Translocation homozygotes in the yellow fever mosquito *Aedes aegypti*. *J. Heredity*, 63 (4): 159—166.
- Lowrie R. C., Gr. 1973. Displacement of *Aedes* (*S.*) *polynesiensis* Marks by *A. (S.) albopictus* Skuse through competition in the larval stage under laboratory conditions. *J. Med. Entomol.* 10 (2): 131—136.
- Marshall J. F. 1938. *The British Mosquitoes*. London.
- Pal R. 1974. Genetic control insect vector disease. *J. Comm. Dis.* 6 (2): 145—149.
- Patterson R. S., Weidhaas D. E., Ford H. R. and Lofgren C. S. 1970. Suppression and elimination of an island population of *Culex pipiens quinquefasciatus* with sterile males. *Science* 168 (3937): 1368—1369.
- Patterson R. S., Sharma V. P., Singh K. R. P., LaBrecque C. C., Seetheram P. L. and Grover K. K. 1975. Use of radiosterilized males to control indigenous populations of *Culex pipiens quinquefasciatus* Say: laboratory and field studies. *Mosq. News*, 55 (1): 1—7.
- Rabbani M. L., Kitzmiller G. B. 1972. Chromosomal translocations in *Anopheles albimanus* Wiedemann. *Mosq. News*, 32 (3): 421—431.
- Rai K. S. and Donald P. T. 1971. Chromosomal translocation and genetic control of *Aedes aegypti*. B 66: Sterility Principle or Insect Control or Eradication Proceed. Symp. Athens IAEA, 437—452.
- Rai K. S., Grover K. K., Suguna S. G. 1973. Genetic manipulation on *Aedes aegypti*: incorporation and maintenance of a genetic marker and a chromosomal translocation in natural populations. *Bull. WHO*, 48: 49—56.
- Seawright J. A., Kaiser P. E., Dame D. A., Willis N. L. 1975. Field competitiveness of males of *Aedes aegypti* (L.) heterozygous for a translocation. *Mosq. News*, 35 (1): 30—33.
- Sharma V. P., LaBrecque G. C. and Patterson R. S. 1974. A device for the pupae separation of male from female in the field. *Mosq. News*, 34 (1): 9—14.
- Singh R. R. P., Brooks G. D. and Ansari M. A. 1974. Mass rearing of mosquitoes. *J. comm. Dis.* 6 (2): 121—126.
- Subbarao S. K., Curtis C. F., Singh K. R. P. and Krishnamurthy B. S. 1974. Variation in cytoplasmic crossing type in populations of *Culex pipiens fatigans* Wied. from the Delhi Area. *J. Comm. Dis.*, 6 (2): 80—82.

- S u g u n a S. G. and C u r t i s C. F. 1974. Sex ratio distorter strains in *Aedes aegypti*. J. Comm. Dis. 6 (2) : 102—105.
- U p p a l D. K., C u r t i s C. F. and R a i K. S. 1974. A double translocation heterozygote in *Aedes aegypti*. J. Comm. Dis, 6 (2) : 98—101.
- W e h r h a h n C. E. and H a s s e n W. 1971. Genetic insect control methods involving the release of relatively few laboratory-reared insects. Can. Entomol., 103 (10) : 1387—1398.
- Y e n S. R. and B a r r A. R. 1973. The etiological agent of cytoplasmic incompatibility in *Culex pipiens*. J. Invert. Pathol, 22 : 242—570.
-

LONG-TERM USE OF GENETIC METHODS OF CONTROL
OF BLOODSUCKING DIPTERA, VECTORS OF THE DISEASES OF MAN

A. N. Alekseev

S U M M A R Y

The paper presents genetic methods of control of bloodsucking *Diptera*, mosquitoes. The perspective of the use of various control methods, first of all those tested under field conditions in application for bloodsuckers which are of medical importance throughout the USSR, is regarded. The opinion is suggested that the method of X-ray sterilization of pupae taken from nature and the translocation and chemical sterilization methods can be successfully used for the control of *An. m. sacharovi*, malaria vectors resistant to DDT. The male sterilization method and the use of males cytoplasmatically incompatible with translocations are suggested for the control of synanthropic populations of *C. pipiens*.
